

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ГІЛЬБЕРТА В ЗАДАЧАХ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Лисенко Ю.Ю.

Науковий керівник – д.т.н., проф.. Куц Ю.В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
(03056, Київ, пр.. Перемоги, 37, каф. ПСНК ПБФ, тел. (044) 454-95-47)

E-mail: j.lysenko@kpi.ua

The possibility of Hilbert transform applying for processing and analysis from eddy current transducer informative signal is considered. The results of the computer modeling signal processing are discussed.

Актуальними задачами вихрострумowego неруйнівного контролю (ВСНК) були і лишаються задачі підвищення точності вимірювання та вірогідності контролю, удосконалення способів зменшення впливу на інформативні сигнали (ІС) різних перешкоджаючих факторів, можливість здійснення ВСНК в технологічному потоці при значних швидкостях взаємного руху об'єктів контролю (ОК) та вихрострумових перетворювачів (ВСП). Один з можливих варіантів розв'язку цих задач полягає у застосуванні більш складних алгоритмів і способів опрацювання інформативних сигналів ВСНК.

У випадку застосування неперервних сигналів зміну параметрів і характеристик ОК визначають за зміною амплітудних та фазових характеристик сигналів (АХС та ФХС). Тому більшість вихрострумових приладів має в своєму складі блоки синхронного детектування і визначення амплітуди та фази сигналів. За результатом детектування отримують один відлік амплітуди та фази на період ІС (як правило гармонічного). При цьому динаміка зміни параметрів ІС між цими відліками, в межах кожного періоду сигналу, є недоступною для аналізу та дослідження. Метою роботи є аналіз можливостей застосування перетворення Гільберта (ПГ) в задачах аналізу сигналів ВСНК, що дозволить дослідити зміни АХС та ФХС в межах періоду сигналу.

В доповіді розглядається наступна задача. Припустимо, що в результаті взаємодії гармонічного електромагнітного поля частотою f з ОК утворюється ІС, амплітуда і початкова фаза якого змінюється за рахунок впливу дефектів на малих інтервалах часу (декілька періодів), який може бути представлений у вигляді:

$$u(t) = U(1 + a(t)) \cdot \cos(2\pi ft + \varphi(t)), t \in (0, T_c), \quad (1)$$

де $a(t)$, $\varphi(t)$ – модулюючі функції, $|a(t)| < 1$, U – амплітуда сигналу, T_c – час спостереження. Сигнал $u(t)$ належить простору L_2 . Викликані неоднорідностями ОК при його русі відносно ВСП функції $a(t)$ і $\varphi(t)$ відмінні від нуля на інтервалі часу T_m , причому $f^{-1} < T_m < 5f^{-1}$. Необхідно знайти оцінки $\hat{\varphi}(t)$ та $\hat{a}(t)$, а також їх відповідність заданим $\varphi(t)$ і $a(t)$.

Обробка ІС основана на визначенні гільберт-образу цього сигналу $u_H(t)$, що дозволяє визначити оцінки АХС $\hat{U}(t)$ та ФХС фази сигналу $\hat{\varphi}(t)$ і на цій основі визначити модулюючі функції:

$$\hat{a}(t) = \frac{\hat{U}(t) - U}{U} = \frac{\sqrt{u^2(t) + u_H^2(t)}}{U} - 1, \quad (2)$$

$$\hat{\varphi}(t) = \left(\arctg \frac{u_H(t)}{u(t)} + L(u_H, u(t)) - 2\pi f t \right) \bmod 2\pi, \quad (3)$$

де L - оператор розгортання ФХС за межами інтервалу $\left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$.

Для моделювання задачі формування ІС із заданими функціями $a(t)$, $\varphi(t)$ та визначення їх оцінки $\hat{a}(t)$ та $\hat{\varphi}(t)$ вибрано: $U = 1$, $f = 1\text{кГц}$, $T_c = 100\text{мс}$, $T_M = 50\text{мс}$, $a(t) = 0.2 \sin 2\pi \frac{f}{4} t$, $\varphi(t) = \frac{\pi}{2} \sin 2\pi \frac{f}{8} t$. Сигнали представлені їх вибірковими значеннями, отриманими з частотою дискретизації $f_d = 100\text{кГц}$, $T_M = \frac{4}{f}$.

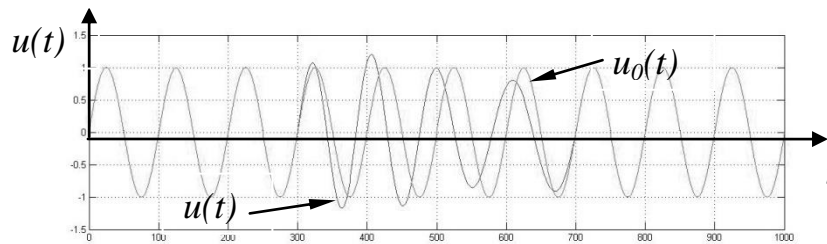


Рис.1. Інформативний сигнал $u(t)$.

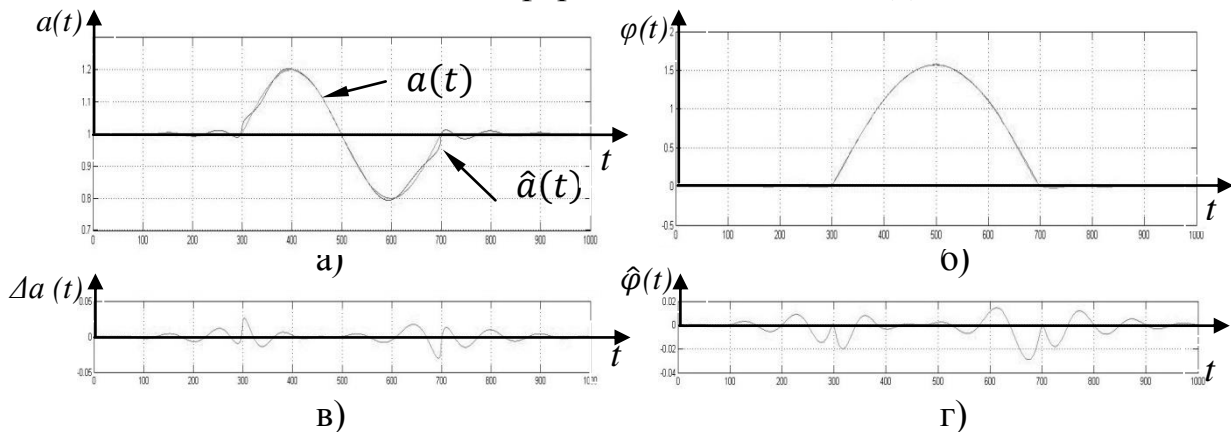


Рис.2. Модуючі функції $a(t)$, $\varphi(t)$ та їх оцінки $\hat{a}(t)$ та $\hat{\varphi}(t)$.

Оцінки модулюючих функцій $\hat{a}(t)$ та $\hat{\varphi}(t)$ наведені відповідно на рис. 2а і 2б, а абсолютні похибки їх визначення $\Delta a(t) = \hat{a}(t) - a(t)$, $\Delta \varphi(t) = \hat{\varphi}(t) - \varphi(t)$ - на рис. 2в і 2г. З аналізу цих графіків витікає, що відновлення модулюючих функцій $|\Delta a| < 0.04$, а $|\Delta \varphi| < 0.02$.

Таким чином моделювання задач аналізу інформаційних характеристик сигналів ВСНК довело можливість прецизійного визначення АХС та ФХС за допомогою ПГ за умови одночасної модуляції амплітуди та фази ІС. В проведеному експерименті похибки визначення АХС не перевищували 4%, а ФХС - 0,02рад, що доводить можливість виконання ВСНК при високих відносних швидкостях ОК та ВСП без втрати інформації про параметри та характеристики ОК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник/Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488с.